

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-205399

(43)Date of publication of application : 05.08.1997

(51)Int.Cl. H04B 10/152  
H04B 10/142  
H04B 10/04  
H04B 10/06

(21)Application number : 08-013187

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 29.01.1996

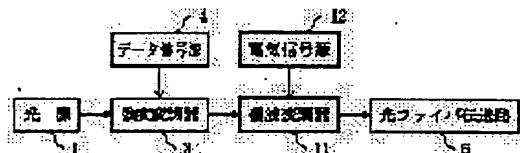
(72)Inventor : MURAKAMI MAKOTO  
OKAWA NORIO

## (54) OPTICAL TRANSMITTER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain long range transmission in an optical communication system by changing the polarization state of an optical signal made incident in an optical fiber at a higher speed than that equivalent to a Brillouin scattering response time so as to improve input optical power due to the Brillouin scattering.

SOLUTION: A polarization state of an optical signal is changed at a faster speed than that equivalent to a Brillouin scattering response time. In this case, a steady light outputted from a light source 1 is inputted to an intensity modulator 3, in which the light is intensity-modulated by a data signal source 4. The optical signal is given to a polarized wave modulator 11, in which the signal is subject to polarized wave modulation by an electric signal source 12 driving the polarized wave modulator 11 and the modulated signal is sent to an transmission line 5. Furthermore, even when the intensity modulator 3 is replaced with a frequency modulator or a phase modulator, the modulation state is similar. Or the direct modulation system modulating a bias of the light source 1 may be employed. Or when the intensity modulator 3 without any polarization dependency is in use, the arrangement of the polarized wave modulator 11 and the intensity modulator 3 may be reversed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-205399

(43) 公開日 平成9年 (1997) 8月5日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/152			H 0 4 B 9/00	L
10/142				
10/04				
10/06				

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平8-13187	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22) 出願日	平成8年 (1996) 1月29日	(72) 発明者	村上 誠 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72) 発明者	大川 典男 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 古谷 史旺

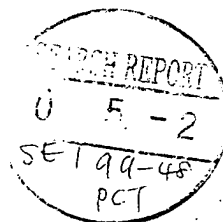
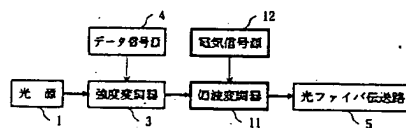
(54) 【発明の名称】 光送信装置

(57) 【要約】

【課題】 プリルアン利得の大幅な低減を可能とし、プリルアン散乱による入力光パワーの限界を向上させ、伝送距離の伸長を図る。

【解決手段】 光信号の偏波状態を光ファイバ伝送路のプリルアン散乱応答時間より速い速度で変化させ、プリルアン利得の大幅な低減を実現する。

本発明の光送信装置の第1の実施形態



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号を光ファイバ伝送路に送出する光送信装置において、前記光信号の偏波状態を光ファイバのブリルアン散乱応答時間より速い速度で変化させる偏波変化手段を備えたことを特徴とする光送信装置。

【請求項2】 定常光を送信データで変調した光信号を光ファイバ伝送路に送出する光送信装置において、前記定常光の偏波状態を光ファイバのブリルアン散乱応答時間より速い速度で変化させる偏波変化手段を備えたことを特徴とする光送信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを用いた光通信システムに用いられる光送信装置に関する。

$$G_b = G_{ss} \Delta \nu_b^2 / 2 (\Delta \nu_b^2 + \Delta \nu_s^2) \quad \dots(1)$$

と表される（参考文献：Electronics Letters, Vol. 18, No. 15, pp. 638-640）。なお、 $G_{ss}$ は入力光パワーに比例した定数である。ブリルアン利得帯域幅 $\Delta \nu_b$ は、ブリルアン散乱の応答時間の逆数に比例し、通常の単一モード光ファイバでは数十MHz~100 MHz程度である。

(1) 式は、入力光信号帯域幅 $\Delta \nu_s$ がこのブリルアン利得帯域幅 $\Delta \nu_b$ より広げれば、ブリルアン利得 $G_b$ を減少させることができることを示している。すなわち、入力光スペクトルの広帯域化を図ることによりブリルアン散乱を抑圧できることを示している。

【0004】図9は、光送信装置の第1の従来構成を示す。本構成は、光源1の印加電流を電気信号源2により変調することにより、その変調信号に応じた光周波数変化を生じさせ、その結果として光スペクトルを広帯域化するものである（たとえば、Journal of optical communications, Vol. 4, No. 1, pp10-19）。この光を強度変調器3に入力し、データ信号源4に応じた強度変調信号光を生成して光ファイバ伝送路5に送出する。

【0005】図10は、光送信装置の第2の従来構成を示す。本構成は、光源1の出力光を位相変調器6に入力し、電気信号源7からの印加電流で位相変調することにより光スペクトルを広帯域化するものである。この光を強度変調器3に入力し、データ信号源4に応じた強度変調信号光を生成して光ファイバ伝送路5に送出する。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】図9に示す第1の従来構成では、光源1として通常用いられる半導体レーザの周波数変調効率は300MHz/mA程度である。一方、印加電流の変化はレーザ発振閾値を越えない範囲に限定される。したがって、光源1の印加電流を変調する方法では光周波数変化量に限界があった。また、この方法では、光源1の印加電流変化は同時に出力光の振幅変動をもたらすので、これを安定化する方法が別途必要となり、このことから光周波数変化量を大きくすることが

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムでは、伝送可能距離を伸ばすために送信光出力を増大させる必要がある。しかし、光伝送路に用いられる光ファイバは、入力光パワーの増大とともにその非線形性が顕著になることが知られている。特に、通常用いられる単一モード光ファイバでは、入力光パワーが数mW程度になるとブリルアン散乱閾値に達し、これを越える入力光を後方に散乱する。この現象が光ファイバへの入力光パワーの限界を決め、伝送可能距離を制限する要因の1つになっている。

【0003】ブリルアン散乱閾値は、ブリルアン利得がファイバ損失を越えるときの閾値である。ブリルアン利得 $G_b$ は、ブリルアン利得帯域幅 $\Delta \nu_b$ と入力光信号帯域幅 $\Delta \nu_s$ により、

困難であった。

【0007】図10に示す第2の従来構成は、第1の従来構成に比べて不要な強度変調成分を小さくすることができる。ところが、一般に位相変調器6の駆動に要する電圧は高く、例えば位相を $\pi$ だけ変化させる電圧でも5~10V程度となる。しかし、このような高電圧を発生させることは容易ではなく、このことから実現可能な位相変化量に限界があった。

【0008】このように従来構成では、十分に光スペクトルを広帯域化することができず、ブリルアン利得を大幅に低減させることが困難であった。本発明は、ブリルアン利得の大幅な低減を可能とし、ブリルアン散乱による入力光パワーの限界を向上させ、伝送距離の伸長を図ることができる光送信装置を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の光送信装置は、光信号の偏波状態を光ファイバ伝送路のブリルアン散乱応答時間より速い速度で変化させることを特徴とし、これによりブリルアン利得の大幅な低減が実現されるというものである。なお、光信号は、強度変調、周波数変調、位相変調のいずれの変調方式によるものでもよい。また、本発明の光送信装置は、すでに送信データにより変調された光信号の偏波状態を変化させる構成、あるいは送信データにより変調される前の定常光の偏波状態を変化させる構成のいずれの場合でもよい。

【0010】光ファイバ内を伝搬する光の偏波状態は、互いに直交するx偏波成分 $A_x$ とy偏波成分 $A_y$ に分けることができる。すなわち、入力光パワー $P_{in}$ は、 $P_{in} = |A_x|^2 + |A_y|^2$  ... (2)

と表される。ここで、ブリルアン散乱光の互いに直交するx偏波成分およびy偏波成分を $B_x$ および $B_y$ 、ブリルアン利得を $\gamma_x$ および $\gamma_y$ 、光ファイバ内光電力密度と非線形定数に比例した定数を $\beta$ 、入力光とブリルアン

・散乱光の偏波状態の重なり程度を示す定数をKとする  
と、ブリルアン散乱は、

$$\gamma_x B_x = \beta |A_x|^2 B_x + \beta A_x A_y^* B_y K \quad \dots(3)$$

$$\gamma_y B_y = \beta A_y A_x^* B_x K + \beta |A_y|^2 B_y \quad \dots(4)$$

と記述される (Journal of quantum electronics, Vol. QE-15, No. 10, October, 1979)。なお、\*は複素共役量であることを表す。Kは、ブリルアン散乱の場合は入力光とブリルアン散乱光の伝搬方向が逆であるので、ほとんど零になることが知られている。上式より、入力光が単一のx偏波状態にあるときには、 $A_y = 0$ 、 $K = 0$ と  
おくことにより、

$$\gamma_x = \beta P_{ix} \quad \dots(5)$$

となる。一方、入力光がx偏波状態とy偏波状態に等しく分配されているときには、 $A_x = A_y$ と置くことにより、

$$\gamma_x = \gamma_y = \beta P_{ix} / 2 \quad \dots(6)$$

となる。これは、ブリルアン利得がそれぞれの偏波状態に分配され、その値が半減されることを示している。

【0011】一般に知られているようにレーザ光源の偏波状態は単一偏波であるので、 $A_x = A_y$ の状態になることはない。しかし、本発明の光送信装置では、光ファイバのブリルアン散乱応答時間よりも高速に光信号の偏波状態を変化させているので、実際には時間的に両偏波状態間を遷移しているにもかかわらず、ブリルアン散乱に関しては常に入力光がx偏波成分とy偏波成分に等しく分配されている状態が実現される。これにより、ブリルアン利得が半減し、ブリルアン散乱閾値を2倍に増大させることが可能となり、ブリルアン散乱による入力光パワーの限界を向上させることができる。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 図1は、本発明の光送信装置の第1の実施形態を示す。図において、光源1から出力される定常光は強度変調器3に入力され、データ信号源4によって強度変調される。この光信号は偏波変調器11に入力され、偏波変調器11を駆動する電気信号源12によって偏波変調され、光ファイバ伝送路5に送出される。なお、強度変調器3を周波数変調器または位相変調器に置き換えても同様である。また、光源1のバイアスを変調するような直接変調方式によるものでもよい。また、強度変調器3として偏波依存性のないものを用いれば、偏波変調器11と強度変調器3の配列を逆にしてもよい。

【0013】偏波変調器11には、図2に示すような電気光学定数が直交する2軸間で異なる電気光学結晶13を用いることができる。強度変調器3から出力される光信号は、電気光学結晶13のx軸とy軸に対して光信号パワーが等しく分配されるように、偏波方向がほぼ45度の角度で入射させる。一方、電気光学結晶13には電気信号源12から方形波状電圧がx軸方向に加えられる。

電気光学結晶13の屈折率は印加された電界強度に応じて変化するが、x軸方向とy軸方向ではその屈折率変化の係数が異なるので、光信号のx偏波成分とy偏波成分に位相差が生ずることになる。光信号の偏波状態はx偏波成分とy偏波成分の和になるので、例えば各偏波成分の位相差が0のときと $\pi$ のときの偏波状態は直交する。したがって、電気信号を位相差が0と $\pi$ になるように印加することにより、偏波変調が実現する。なお、このときの電気信号波形は方形波に限らず、正弦波や三角波等の周期波形でもよい。方形波でない場合には、光信号の偏波状態が位相差0と $\pi$ の状態の間において円偏波の状態が生ずるが、本発明の目的とする効果に大きな差異は生じない。

【0014】また、光ファイバのブリルアン散乱応答時間は数十ns程度以下であるので、偏波変調速度はこれを上回れば十分であり、数百MHz程度の変調帯域を有する偏波変調器であればよい。また、駆動電圧は位相を $\pi$ だけ変化させるのに要する電圧となり、通常の位相変調器と同様の電気光学結晶を用いれば5V程度で十分に対応可能である。また、図1の実施形態では、光源1の定常光を強度変調器3でデータ信号源4により変調した後偏波変調する構成であるので、強度変調器3の出力端で光信号の偏波状態を安定化させる必要がある。

【0015】図3は、第1の実施形態によるブリルアン散乱抑圧効果の実験結果を示す。図において、横軸は偏波変調周波数 (Hz) であり、縦軸はブリルアン閾値増加 (dB) を示す。本実験に使用した光ファイバのブリルアン線幅は14.6MHzであり、これからブリルアン散乱応答時間は68.5ns程度と推定される。これに対して、偏波変調速度をこのブリルアン散乱応答時間より高速、例えば50MHz以上に設定することにより、ブリルアン散乱閾値が増大することがわかる。

【0016】なお、本発明による偏波変調の効果は、偏波変調速度をブリルアン散乱応答時間より高速にしたときにブリルアン散乱閾値を2倍 (3dB増加) にするものであるが、本実験結果によれば偏波変調器11は別な要因によりそれ以上の効果をもたらしていることがわかる。ところで、光信号のスペクトルを広げる従来のブリルアン散乱光抑圧法と、偏波変調器11を用いる本実施形態とを組み合わせることにより、さらにブリルアン散乱閾値を高めることができる。

【0017】図4は、従来のブリルアン散乱抑圧法と第1の実施形態を組み合わせた構成例を示す。(a) は、光源1の印加電流を変調することにより光信号スペクトルを広げる従来のブリルアン散乱光抑圧法 (図9の第1の従来構成) と組み合わせたものである。(b) は、強度変調器3から出力された光信号を位相変調して光信号スペクトルを広げる従来のブリルアン散乱抑圧法 (図10の第2の従来構成における強度変調器3と位相変調器6の配列を入れ替えた構成) と組み合わせたものである。な

お、強度変調器3を周波数変調器または位相変調器に置き換えても同様である。また、図4(b)の構成において強度変調器3に代えて位相変調器を用いる場合には、1つの位相変調器で対応することもできる。

【0018】図5は、図4(b)の構成におけるブリルアン散乱抑圧効果の実験結果を示す。図において、横軸は入力光電力(dBm)、縦軸は後方散乱光電力(dBm)である。ブリルアン散乱による後方散乱光が発生するブリルアン散乱閾値は、無変調時に比べて位相変調(第2の従来構成)により5.8dB増大し、これに本発明の偏波変調を加えることによりさらに3dB増大する。

【0019】(第2の実施形態)図6は、本発明の光送信装置の第2の実施形態を示す。図において、本実施形態の特徴は、偏波分離器21と光ファイバ等の遅延線22と偏波合波器23により偏波変化手段を構成するところにある。光源1から出力される定常光は偏波分離器21で互いに直交した2つの偏波成分に分離され、その一方に遅延線22を介して光源1のコヒーレンス長よりも長い遅延を与え、偏波合波器23により両者を合成する。偏波合波器23の出力端における光の偏波状態の変化速度は遅延線22の遅延時間に対応するので、その遅延時間はブリルアン散乱応答時間より短く、例えば数十ns以下にする必要がある。また、光源1のコヒーレンス長はスペクトル線幅の逆数に対応するので、この実施形態に必要な光源1のスペクトル線幅は例えば数百MHz以上である必要がある。

【0020】偏波合波器23から出力される偏波変調を受けた定常光は強度変調器3に入力され、データ信号源4によって強度変調され、光ファイバ伝送路5に送出される。このとき、強度変調器3への入力光の偏波状態が変調されているので、強度変調器3は強度変調効率が偏波依存性の小さいものを用いる必要がある。なお、強度変調器3を周波数変調器または位相変調器に置き換えても同様である。

【0021】(第3の実施形態)図7は、本発明の光送信装置の第3の実施形態を示す。図において、本実施形態の特徴は、波長の異なる2つの光源1-1、1-2と偏波合波器23により偏波変化手段を構成するところにある。光源1-1は波長 $\lambda_1$ の定常光を出力し、光源1-2は波長 $\lambda_2$ の定常光を出力する。偏波合波器23は、各定常光の偏波状態を直交させた状態で合成する。この合成後の偏波状態は、波長の異なる各定常光のビートにより変化する。このときの偏波変化時間 $\tau$ は、光の伝搬速度を $c$ として

$$\tau = \lambda_1 \lambda_2 / 2c |\lambda_1 - \lambda_2| \quad \dots (7)$$

で与えられ、これをブリルアン散乱応答時間より短く、例えば数十ns以下にすればよい。1550nmの波長帯では両光源間の波長差を0.001nm以上にすればこの条件を満たすことになるが、これは十分に実現可能である。

【0022】偏波合波器23から出力される偏波変調を

受けた定常光は強度変調器3に入力され、データ信号源4によって強度変調され、光ファイバ伝送路5に送出される。このとき、強度変調器3への入力光の偏波状態が変調されているので、強度変調器3は強度変調効率が偏波依存性の小さいものを用いる必要がある。なお、強度変調器3を周波数変調器または位相変調器に置き換えても同様である。

【0023】(第4の実施形態)図8は、本発明の光送信装置の第4の実施形態を示す。本実施形態は、光信号損失を光増幅器等により周期的に補償して伝送する光信号中継系、あるいは光信号を光増幅器で増幅した後に分配するポイント-マルチポイント通信系における光送信装置に適用したものである。光ファイバ伝送路5-1を伝搬してきた光信号の損失は、光増幅器31で増幅補償される。この光信号は偏波変調器11に入力され、偏波変調器11を駆動する電気信号源12によって偏波変調され、光ファイバ伝送路5-2に送出される。これにより、光ファイバ伝送路5-2におけるブリルアン散乱の影響を軽減することができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光送信装置は、光ファイバに入射する光信号の偏波状態をブリルアン散乱応答時間よりも高速に変化させることによりブリルアン利得を半減させることができる。これにより、ブリルアン散乱による入力光パワーの限界を向上させることができ、光通信システムの長距離伝送化とともに、安定性および信頼性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光送信装置の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】偏波変調器11の構成例を示す図。

【図3】第1の実施形態によるブリルアン散乱抑圧効果の実験結果を示す図。

【図4】従来のブリルアン散乱抑圧法と第1の実施形態を組み合わせた構成例を示すブロック図。

【図5】図4(b)の構成におけるブリルアン散乱抑圧効果の実験結果を示す図。

【図6】本発明の光送信装置の第2の実施形態を示すブロック図。

【図7】本発明の光送信装置の第3の実施形態を示すブロック図。

【図8】本発明の光送信装置の第4の実施形態を示すブロック図。

【図9】光送信装置の第1の従来構成を示すブロック図。

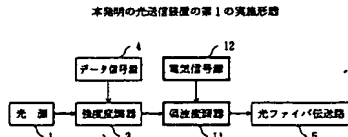
【図10】光送信装置の第2の従来構成を示すブロック図。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 電気信号源

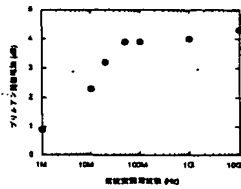
- 3 強度変調器
- 4 データ信号源
- 5 光ファイバ伝送路
- 6 位相変調器
- 7 電気信号源
- 11 偏波変調器

【図1】

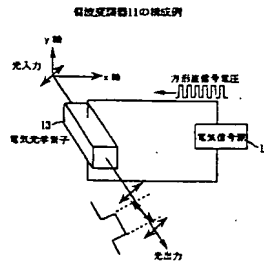


【図3】

図1の実施形態によるブリルアン散乱増強効果の実験結果

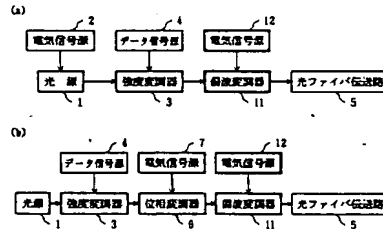


【図2】



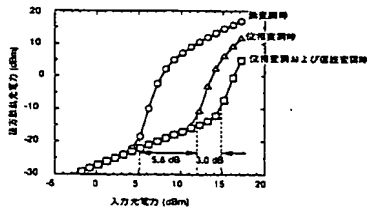
【図4】

従来のブリルアン散乱増強法と第1の実施形態を組み合わせた構成例



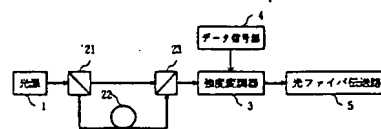
【図5】

図1 (b) の構成におけるブリルアン散乱増強効果の実験結果



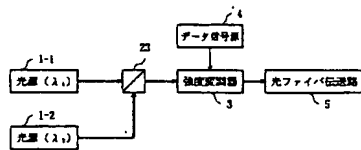
【図6】

本発明の光伝送装置の第2の実施形態



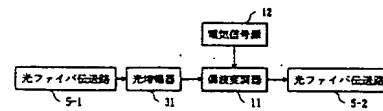
【図7】

本発明の光通信装置の第3の実施形態



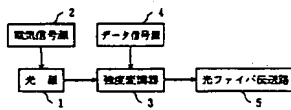
【図8】

本発明の光通信装置の第4の実施形態



【図9】

光通信装置の第1の実施形態



【図10】

光通信装置の第2の実施形態

